

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-244251

(43)Date of publication of application : 29.08.2003

(51)Int.Cl. H04L 12/66  
H04L 12/56

(21)Application number : 2002-040004

(71)Applicant : TELECOMMUNICATION  
ADVANCEMENT ORGANIZATION  
OF JAPAN  
OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 18.02.2002

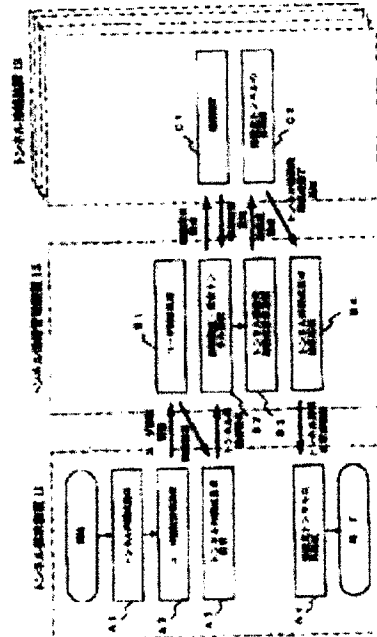
(72)Inventor : YONEZAWA TOSHIO  
YAMAMOTO HIDEKI  
NAKAGAWA SATOSHI

## (54) PACKET COMMUNICATION METHOD FOR RECONFIGURING TUNNEL PATH

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide packet communication via a tunnel path optimally reconfigured for a user while saving the power of an operator by instantaneously facilitating countermeasures to the change of a network resource environment changing day by day.

**SOLUTION:** In a packet communication method for encapsulating communication packets in order to match them with the protocol of a first network, and for setting a tunnel path in the first network when a second network is requested to pass the first network, the using conditions of the preliminarily designated tunnel path are stored, and the communication quality of a plurality of tunnel path candidates are measured according to a reconfiguration request, and the tunnel path is decided and reset based on the measured communication quality and/or stored using conditions.



[0013]

Fig. 2 shows a method of packet communication through an ordinary tunnel passage which is executed by cooperation of individual devices shown in Fig. 1. As shown in Fig. 2, when the IPv4 network includes isolated IPv6 network A and existing IPv6 Internet, communication with destination host H2 of IPv6 in the existing IPv6 Internet from transmission host H1 of IPv6 in IPv6 network A can be realized by using the tunnel of IPv4. IPv4 network mentioned here is a network for communication established by Internet protocol IPv4, and IPv6 network is a network for communication established by Internet protocol IPv6.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-244251  
(P2003-244251A)

(43) 公開日 平成15年8月29日 (2003.8.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 L 12/66		H 0 4 L 12/66	E 5 K 0 3 0
12/56	1 0 0	12/56	1 0 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-40004(P2002-40004)

(22) 出願日 平成14年2月18日 (2002.2.18)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成13年9月26日～28日 社団法人情報処理学会開催の「情報処理 第63回 (平成13年後期) 全国大会」において文書をもって発表

(71) 出願人 592256623  
通信・放送機構  
東京都港区芝2-31-19

(71) 出願人 000000295  
沖電気工業株式会社  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 米沢 敏夫  
東京都港区芝2-31-19 通信・放送機構

(74) 代理人 100079119  
弁理士 藤村 元彦

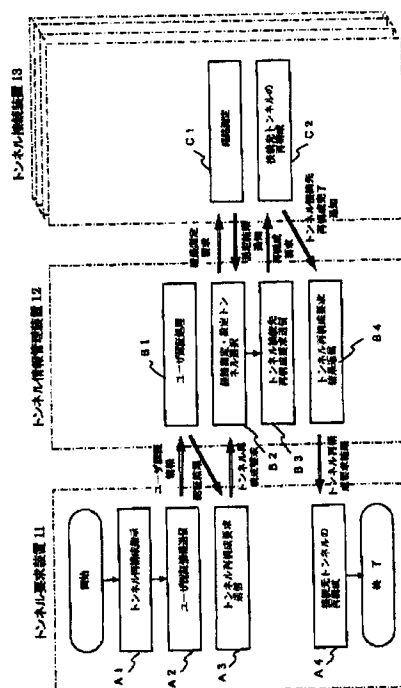
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル経路を再構成するパケット通信方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 日々変化するネットワーク資源環境の変化に即応して、運用者の省力化を図りつつ利用者に最適に再構成されたトンネル経路を介したパケット通信を提供する。

【解決手段】 第2ネットワークが第1ネットワークを経由することが要求される場合に、通信パケットを第1ネットワークのプロトコルに適合するようにカプセル化し、トンネル経路を該第1ネットワークに設定するパケット通信方法であり、予め指定されたトンネル経路の使用状況を蓄積するとともに、再構成要求に応じて複数のトンネル経路の候補について、通信品質を測定し、該測定された通信品質及び／又は該蓄積された使用状況に基づいて、トンネル経路を決定して再設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1ネットワークと併存し且つ前記第1ネットワークとは異なるプロトコルの第2ネットワークにあって、通信パケットが前記第1ネットワークを経由することが要求される場合に、前記通信パケットに対する前記第1ネットワークのプロトコルに適合するカプセル化に依るトンネル経路を前記第1ネットワークに経路設定して前記通信パケットの伝送をなすパケット通信方法であって、送信元ホストから前記第1ネットワークを横断して存在する複数の宛先ホストについて、予め指定されたトンネル経路の使用状況を蓄積する使用状況蓄積ステップと、前記送信元ホストからの少なくとも往き方向の通信パケットのためのトンネル経路の再構成要求を検出する再構成要求検出ステップと、前記検出された再構成要求に応じて前記予め指定された複数のトンネル経路の候補について、通信品質を測定する通信品質測定ステップと、前記測定された通信品質及び／又は前記蓄積された使用状況に基づいて、1つ以上のトンネル経路を決定するトンネル経路決定ステップと、前記決定された1つ以上のトンネル経路を、前記往き方向の通信パケットに対応付けて再設定する経路再設定実行ステップと、を含むことを特徴とするパケット通信方法。

【請求項2】 前記経路再設定実行ステップは、前記決定された1つ以上のトンネル経路を、前記往き方向の通信パケットに呼応する前記宛先ホストからの前記送信元ホストへの戻り方向の通信パケットに更に対応付けて再設定することを特徴とする請求項1記載のパケット通信方法。

【請求項3】 前記通信品質測定ステップは、前記通信品質を与える指標として、前記通信パケットの伝送遅延時間、ホップ数、及び／又は帯域を測定することを特徴とする請求項1記載のパケット通信方法。

【請求項4】 前記トンネル経路決定ステップは、予め指定される平均伝送速度の許容値内で通信パケットが伝送されると予測されるトンネル経路に決定することを特徴とする請求項1記載のパケット通信方法。

【請求項5】 前記再構成要求検出ステップは、運用者の指示、再構成開始日時、再構成周期、又は再構成限界類型通信量を監視して、前記再構成要求を検出することを特徴とする請求項1記載の通信方法。

【請求項6】 前記通信品質測定ステップは、前記蓄積された使用状況を基に通信品質を測定することを特徴とする請求項1記載の通信方法。

【請求項7】 前記通信品質測定ステップは、評価対象宛先として予め定められた範囲の複数の宛先ホストについて通信品質を測定することを特徴とする請求項1又は6記載の通信方法。

【請求項8】 前記第1ネットワークはIP（Internet Protocol）のバージョン4であり、前記第2ネットワークはIPのバージョン6であることを特徴とする請求項1乃至7の何れか1記載のパケット通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パケット通信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 基盤ネットワークとは異なるプロトコルに従う異種ネットワークが該基盤ネットワークに複数点存在する環境下で、該異種ネットワークに含まれるホスト間のパケット通信を該基盤ネットワークに跨がって行う方法には、トンネリング技術を用いる方法がある。トンネリングとは、あるプロトコルの情報を別のアーキテクチャのフレームまたはパケット内部にカプセル化することによって、別のアーキテクチャ上で元の情報を伝送することである。

【0003】 トンネリング技術を用いた通信方法については、IP（Internet Protocol）標準プロトコルに関する文書であるRFC（Request For Comment）に、特に、RFC3053「IPv6 Tunnel Broker」において開示されている。本文献は、IPプロトコルがバージョン4（以下v4と表記）からバージョン6（以下v6と表記）に移行する際の過渡的な状況を前提としている。かかる状況では、まさにIPv6ネットワークが基盤ネットワークであるIPv4ネットワーク中にバラバラの雲のように点在すると想定される。

【0004】 RFC3053「IPv6 Tunnel Broker」が開示する構成は、トンネルクライアント、トンネルブローカ及びトンネルサーバの3つのネットワークノードからなる。トンネルクライアントは、IPv6パケットの送信元ホストを含むIPv6ネットワークとIPv4ネットワークとの境界に存在して、IPv4及びIPv6の両方のプロトコルに対応するトンネル接続元ノードである。トンネルサーバは、該IPv4ネットワークとIPv6パケットの最終的な宛先ホストを含むIPv6ネットワークとの境界に存在して、IPv4及びIPv6の両方のプロトコルに対応するトンネル接続先ノードである。トンネルブローカは、トンネルサーバと協働して、トンネルクライアントとトンネルサーバとの間のトンネル接続情報を管理し、トンネルの設定、変更及び削除を制御する。これらにより、点在するIPv6ネットワーク同士を繋ぐIPv4ネットワーク上のトンネル経路が提供されるとしている。

【0005】 しかし、かかる構成だけでは、変動するネットワーク環境に即応して最適なトンネルをネットワーク利用者に提供することはできないと予想される。インターネットを構成するネットワークノードは、新たな接続設備の追加又は変更により日々拡大しており、とりわ

けIPv6への移行期においては、かかるネットワーク資源の変動は著しく、トンネルを必要とするIPv4ネットワークを介して離れたホスト間で最適な通信品質を与える経路も日々変化するものと考えられる。又、多くの利用者によるインターネットを介した通信量も人々の社会的な情報ニーズに応じて日々変動することから、従来の方法の如く現時のネットワーク資源環境或いはネットワークの使用状況を顧慮せず機械的にトンネルを設定する方法によっては最適な経路設定を提供し得ないと予想される。

【0006】確かに、これらネットワークの資源環境の変化を踏まえた手動による経路設定をトンネルクライアントの運用者に求めることも方法であるが、多大の運用コストが想定され現実的なものではない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、日々変化するネットワーク資源環境の変化に即応して、運用者の省力化を図りつつ利用者に最適に再構成されたトンネル経路を介したパケット通信を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によるパケット通信方法は、第1ネットワークと併存し且つ該第1ネットワークとは異なるプロトコルの第2ネットワークにあって、通信パケットが該第1ネットワークを経由することが要求される場合に、該通信パケットに対する該第1ネットワークのプロトコルに適合するカプセル化に依るトンネル経路を該第1ネットワークに経路設定して該通信パケットの伝送をなすパケット通信方法であり、送信元ホストから該第1ネットワークを横断して存在する複数の宛先ホストについて、予め指定されたトンネル経路の使用状況を蓄積する使用状況蓄積ステップと、該送信元ホストからの少なくとも往き方向の通信パケットのためのトンネル経路の再構成要求を検出する再構成要求検出ステップと、該検出された再構成要求に応じて該予め指定された複数のトンネル経路の候補について、通信品質を測定する通信品質測定ステップと、該測定された通信品質及び／又は該蓄積された使用状況に基づいて、1つ以上のトンネル経路を決定するトンネル経路決定ステップと、該決定された1つ以上のトンネル経路を、該往き方向の通信パケットに対応付けて再設定する経路再設定実行ステップと、を含むことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の実施例について添付の図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の実施例であり、パケット通信方法を実行する3つの装置、即ち、トンネル要求装置、トンネル情報管理装置及びトンネル接続装置の各々の内部構成を示している。各装置は、通常のコンピュータにより実現され得る。

【0010】トンネルクライアント、即ち、トンネル要

求装置11は、接続されたIPv4ネットワークを通してIPv4パケットで通信するためのV4パケット送受信部101と、往き方向IPv6パケットの送信元アドレスの変換及び戻り方向IPv6パケットの宛先アドレスの変換を行なうアドレス変換部102と、往き方向IPv6パケットをIPv4パケットにカプセル化し、戻り方向IPv4パケットからカプセル開放によりIPv6パケットを取出すためのカプセル処理部103と、IPv6ネットワークから到達したパケットの経路制御をV6ルーティングテーブル109を使用して行なうV6経路制御部104と、接続されたIPv6ネットワークを通して、IPv6パケットで通信するためのV6パケット送受信部105と、トンネル再構成をするときにトンネル情報管理装置12のユーザ認証を受けるため、ユーザ認証情報を送るためのユーザ認証情報送信部106と、トンネル再構成をするために、トンネル情報管理装置12にトンネル接続先となるトンネル接続装置13の選定とそのトンネル設定を依頼するためのトンネル再構成要求送信部107と、トンネル情報管理装置12からの情報にしたがってトンネル接続元のトンネルの再構成を行なうための接続元トンネル再構成部108と、IPv6ネットワークの経路情報、即ち、ルーティング情報を蓄積するV6ルーティングテーブル109と、トンネリングによるIPv4パケット送出の状況を蓄積するトンネル使用状況蓄積部110と、トンネル要求装置11の運用者が入力したトンネル再構成指示データを管理し、この情報に基づき一連のトンネル再構成処理を開始させるトンネル再構成指示部111と、現在のシステムの時刻を刻み、要求された場合に現在時刻を提供するシステム時刻保持部112と、IPv4トンネルインタフェース情報113と、から構成される。

【0011】トンネルブローカ、即ちトンネル情報管理装置12は、接続されたIPv4ネットワークを通して、IPv4パケットで通信するためのV4パケット送受信部201と、トンネル要求装置11からのユーザ認証情報を検証するためのユーザ認証処理部202と、管理対象であるトンネル接続装置13に関して割当てできるアドレスプレフィックスのプールであり、アドレスプレフィックスの割当て状態を蓄積するトンネル接続先情報蓄積部203と、トンネル要求装置11からのトンネル再構成要求に対して、管理する複数のトンネル接続装置13に対して経路測定を依頼し、それらの結果から追加設定すべきトンネルを選択する経路測定・設定トンネル選択部204と、経路測定・設定トンネル選択部204の選択したトンネルのトンネル接続装置13に対して、トンネル接続先の再構成要求を送るためのトンネル接続先再構成要求送信部205と、トンネル要求装置11からのトンネル再構成要求に対する結果を返すトンネル再構成要求結果返信部206と、接続されたIPv6ネットワークを通して、IPv6パケットで通信するための

V6パケット送受信部207と、から構成される。尚、V6パケット送受信部207は、トンネル情報管理装置12とトンネル接続装置13との間がIPv6ネットワーク経由の場合は必要となる。

【0012】トンネルサーバ、即ち、トンネル接続装置13は、接続されたIPv4ネットワークを通して、IPv4パケットで通信するためのV4パケット送受信部301と、行き方向IPv4パケットからカプセル開放によりIPv6パケットを取出し、戻り方向IPv6パケットをIPv4パケットにカプセル化するためのカプセル処理部302と、IPv6ネットワークから到達したパケットの経路制御をV6ルーティングテーブル307を使用して行なうV6経路制御部303と、接続されたIPv6ネットワークを通して、IPv6パケットで通信するためのV6パケット送受信部304と、トンネル情報管理装置12からの要求で、トンネル要求装置11と当該トンネル接続装置13の間、及び当該トンネル接続装置13と宛先ホストとの間の経路における品質を測定する経路測定部305と、トンネル情報管理装置12からの情報に従ってトンネル接続先のトンネルの再構成を行なうための接続先トンネル再構成部306と、IPv6ネットワークの経路情報、即ち、ルーティング情報を蓄積するV6ルーティングテーブル307と、IPv4トンネルインタフェース情報308と、から構成される。

【0013】図2は、図1に示される各装置が協働して実行する通常のトンネル経路を介してパケット通信の方法を示している。図2に示すようにIPv4ネットワークの中に孤立したIPv6ネットワークA及び現存するIPv6インターネットがある場合に、IPv6ネットワークA内のIPv6の送信元ホストH1から現存するIPv6インターネット内のIPv6の宛先ホストH2への通信は、IPv4上のトンネルを使用することで実現できる。ここで言うIPv4ネットワークとはインターネットプロトコルIPv4で通信するネットワークであり、IPv6ネットワークとはインターネットプロトコルIPv6で通信するネットワークである。

【0014】最初に、送信元ホストH1から送出されたIPv6宛先ホストH2への行き方向IPv6パケットがIPv6ネットワークAを経由して、トンネル接続元であるトンネル要求装置11に到達すると、トンネル要求装置11は、IPv6パケットをIPv4パケットにカプセル化し、IPv4ネットワークに送出する。このカプセル化は、このIPv6パケットにIPv4ヘッダーを追加してIPv4パケットにすることで実現する。この時、IPv4ヘッダーの宛先アドレスにトンネル接続装置13のIPv4アドレスを、送信元アドレスにトンネル要求装置11のIPv4アドレスをそれぞれセットする。また、このトンネリングによるIPv4パケットの送出状況は常時記録される。

【0015】次に、トンネル接続先であるトンネル接続装置13はこのIPv4パケットが到達するとトンネル接続装置13は、カプセル開放によりIPv4パケットからIPv6パケットを取出し、そのIPv6パケットをIPv6インターネットに送出する。このカプセル開放は、IPv4パケットのIPv4ヘッダーを取り除き、元のIPv6パケットに戻すことで実現する。この送出されたIPv6パケットがIPv6インターネットを経由して、宛先ホストH2に到達することで、送信元ホストH1から宛先ホストH2への通信が可能となる。

【0016】一方、反対に送信元ホストH2から送出された宛先ホストH1への戻り方向IPv6パケットがトンネル接続装置13に到達すると、行き方向パケットの場合と同様にIPv4パケットにカプセル化され、IPv4ネットワークに送出される。そして、これがトンネル要求装置11に到達すると行き方向パケットの場合と同様にカプセル開放によりIPv6パケットに戻され、それが宛先ホストH2に届けられることで、送信元ホストH2から宛先ホストH1への戻り方向の通信が可能となる。

【0017】本発明は、上記の通常のトンネリング処理のみならず、更に、トンネル要求装置11の運用者により予め指定された条件が満足された時点に、それまでのトンネル使用状況データを基にして、トンネル要求装置11は、トンネル情報管理装置12と、トンネル情報管理装置12が管理する複数のトンネル接続装置13と、IPv4ネットワーク経由で連動して最適なトンネル設定に再構成する。尚、トンネル情報管理装置12とトンネル接続装置13との間はIPv6ネットワーク経由でも良い。

【0018】図3は、通常のトンネリング処理手順を示している。トンネル要求装置11は、V6ネットワークAを経由した送信元ホストH1からの行き方向のIPv6パケットの受け取りに応じて処理を行う。具体的には、先ず、トンネル要求装置11のV6経路制御部104がV6経路制御を行う（ステップS11）。即ち、V6パケット送受信部105によりIPv6パケットを受け取ると、後述するV6ルーティングテーブル109を構成するデータの各組の宛先プレフィックス及び宛先プレフィックス長と受け取ったIPv6パケットの宛先アドレスのプレフィックスとを比較し、一致する組を検出する。この比較による検出では、一致する組の内宛先プレフィックス長の最も大きな宛先プレフィックスを1つ採用する。トンネル要求装置11のV6ルーティングテーブル109には宛先プレフィックス長が0のデフォルトルート組も設定されているため、受け取ったIPv6パケットの宛先アドレスのプレフィックスと一致する組が必ず1つは存在することになる。

【0019】図4は、V6ルーティングテーブル109の構成例を示している。V6ルーティングテーブル10

9は、各経路に対応して行方向に1組の経路情報（以下、データの組と称する）が設定される。V6ルーティングテーブル109のデータの組は、宛先アドレスのプレフィックスである宛先プレフィックスと、宛先アドレスのプレフィックスの有効な長さ（ビット長）であり、デフォルトルートの場合の値が0である宛先プレフィックス長と、ネットワークインタフェースやIPv4トンネルインタフェースの区分であるインタフェース区分などからなる。

【0020】次に、トンネル要求装置11は、このV6ルーティングテーブル109との比較において検出した組のインタフェース区分がIPv4のトンネルインタフェースであることを確認して、アドレス変換を行う（ステップS12）。トンネル要求装置11のアドレス変換部102は、受け取ったIPv6パケットの送信元アドレスを変換する。このアドレス変換は、戻り方向パケットのルーティングを可能にすることを意図して、IPv6パケットの送信元アドレスを、使用するトンネル接続先13が属するネットワークに割り当てられたIPv6アドレス空間内の何らかのアドレスに変換する。そのため、例えば、IPv6宛先アドレスに応じたプレフィックスを使用してIPv6送信元アドレスを置換するNAT（Network Address Translator）の変形を用いる。一般的なNATについては、「RFC2663 IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations」が参照される。

【0021】次に、アドレス変換部102は、前のステップS11の比較により検出した組のインタフェース区分の値をキーとしてIPv4トンネルインタフェース情報113を参照し、割当プレフィックス及び割当プレフィックス長を抽出し、その割当プレフィックスに対応する割当済IPv6アドレスが、例えばアドレスバッファプール等に既に存在すればその割当済IPv6アドレスを、存在しなければ新たに割当を行ない、IPv6アドレスを入手する。そして、この入手したIPv6アドレスで受け取ったIPv6パケットの送信元アドレスを置換する。

【0022】ここで、図5を参照すると、IPv4トンネルインタフェース情報113の例を示している。IPv4トンネルインタフェース情報を構成するデータの組は、インタフェース区分と、割当プレフィックスと、割当プレフィックス長と、トンネル接続元となるトンネル要求装置11のIPv4アドレスである自トンネルアドレスと、トンネル接続先となるトンネル接続装置13のIPv4アドレスである相手トンネルアドレスと、該当するIPv4トンネルインタフェースを最後に使用した時刻である最終使用時刻と、からなる。

【0023】図3を再び参照すると、トンネル要求装置11は、さらに必要に応じて、送信元アドレスの変換に関係するTCP、UDP、ICMPのヘッダーチェック

サムなどを再計算し、その変更を行なう。次に、トンネル要求装置11は、カプセル化及びパケット送出を行う（ステップS13）。トンネル要求装置11のカプセル処理部103は、アドレス変換後のIPv6パケットをカプセル化し、送出するIPv4パケットに関してトンネル使用状況データの作成及び蓄積を行なう。その後、累計通信量をカウントアップし、トンネル接続装置13に向けてV4パケット送受信部101により送信する。ここで、カプセル処理部103では、図6に示されるようにしてIPv6パケットの前に、IPv4ヘッダーを付加し、IPv6パケットをIPv4パケットとする。付加するIPv4ヘッダーの送信元アドレスは、ステップS12で検出したインタフェース区分の値をキーとしてIPv4トンネルインタフェース情報を参照し、入手した組の自トンネルアドレスを、そして、宛先アドレスには、相手トンネルアドレスをそれぞれセットする。さらに、参照したIPv4トンネルインタフェース情報の最終使用時刻にシステム時刻保持部112により取得した年月日時分秒をセットする。

【0024】ここで、トンネル要求装置11は、トンネル使用状況データの作成及び蓄積として、送出するIPv4パケットの使用状況に関するデータをトンネル使用状況蓄積部110へ蓄積する。該使用状況データは、送出するパケット毎に作成するか、再構成タイミングやトンネル使用状況データの参照期間の実施形態に応じて、ある時間間隔のトンネル使用状況データ取得時刻毎にIPv6宛先アドレス単位でIPv4パケット長を累計して作成しても良い。該使用状況データは、トンネル使用状況データ作成時にシステム時刻保持部112により、取得した年月日時分であるトンネル使用状況データ取得時刻と、IPv6宛先アドレスと、IPv4パケット長またはその累計値と、からなる。

【0025】次に、トンネル接続装置13に往き方向のIPv4パケットが到達するとトンネル接続装置13は、IPv4パケットを処理する。具体的には、トンネル接続装置13は、先ず、カプセル開放及びパケット送出を行う（ステップS21）。トンネル接続装置13のカプセル処理部302は、V4パケット送受信部301によりIPv4ネットワークからIPv4パケットを受け取るとIPv4パケットを処理する。即ち、カプセル処理部302は、IPv4パケットが分割されている場合は、元のIPv4パケットに合成する。そして、IPv4トンネルインタフェース情報308を用いてIPv4パケットのチェックを行なう。

【0026】図7は、IPv4トンネルインタフェース情報308の例を示している。IPv4トンネルインタフェース情報308を構成するデータの組は、インタフェース区分と、トンネル接続先となるトンネル接続装置13のIPv4アドレスである自トンネルアドレスと、トンネル接続元となるトンネル要求装置11のIPv4

アドレスである相手トンネルアドレスとを含む。IPv4トンネルインタフェース情報308を用いたIPv4パケットのチェックは、受け取ったIPv4パケットの送信元アドレスと同値の組がIPv4トンネルインタフェース情報の相手トンネルアドレスに存在することをチェックする。存在しない場合は、そのパケットを廃棄する。次いで、IPv4ヘッダーを取除くことで、カプセル開放を行ない元のIPv6パケットを得て、そのIPv6パケットをV6パケット送受信部304によりIPv6ネットワークに送出する。

【0027】図3を再び参照すると、次に、トンネル接続装置13は、行き方向における送信元ホストH1へのIPv6インターネットを経由した戻り方向のIPv6パケットの受け取りに応じて処理を行う。具体的には、トンネル接続装置13は、まず、V6経路制御を行う（ステップS31）。トンネル接続装置13のV6経路制御部303はIPv6パケットを処理する。即ち、V6経路制御部303は、V6パケット送受信部304によりIPv6パケットを受け取ると、V6ルーティングテーブル307を構成するデータの各組の宛先プレフィックス及び宛先プレフィックス長と受け取ったIPv6パケットの宛先アドレスのプレフィックスとを比較し、一致する組を検出する。この比較による検出では、一致する組の内で宛先プレフィックス長の最も大きな宛先プレフィックスを1つ採用する。尚、V6ルーティングテーブル307のデータの構成は、V6ルーティングテーブル109と同値である。図9は、かかるV6ルーティングテーブル307の構成例を示している。

【0028】次に、トンネル接続装置13は、このV6ルーティングテーブル307との比較による検出において、検出した組のインタフェース区分がIPv4のトンネルインタフェースであることを確認して、カプセル化及びパケット送出を行う（ステップS32）。ここで、トンネル接続装置13のカプセル処理部302は、受け取ったIPv6パケットをカプセル化し、トンネル要求装置11に向けてV4パケット送受信部301により送信する。カプセル処理部302では、ステップS13と同様にしてIPv6パケットの前に、IPv4ヘッダーを付加し、IPv6パケットをIPv4パケットとする。付加するIPv4ヘッダーの送信元アドレスは、ステップS31で検出したインタフェース区分の値をキーとしてIPv4トンネルインタフェース情報を参照し、入手した組の自トンネルアドレスを、そして、宛先アドレスには、相手トンネルアドレスをそれぞれセットする。

【0029】一方、トンネル要求装置11に戻り方向のIPv4パケットが到達するとトンネル要求装置11は、IPv4パケットを処理する。具体的には、トンネル要求装置11は、まず、カプセル開放を行う（ステップS41）。ここで、トンネル要求装置11のカプセル

処理部103は、V4パケット送受信部101によりIPv4ネットワークからIPv4パケットを受け取りに応じて、IPv4パケットを処理する。即ち、カプセル処理部103は、IPv4パケットが分割されている場合は、元のIPv4パケットに合成する。IPv4トンネルインタフェース情報113を用いてIPv4パケットのチェックを行なう。IPv4トンネルインタフェース情報113を用いたIPv4パケットのチェックは、受け取ったIPv4パケットの送信元アドレスと同値の組がIPv4トンネルインタフェース情報113の相手トンネルアドレスに存在することをチェックする。存在しない場合は、そのパケットを廃棄する。次いで、IPv4ヘッダーを取除くことで、ステップS21と同様にしてカプセル開放を行ない元のIPv6パケットを得る。

【0030】次に、トンネル要求装置11は、アドレス変換及びパケット送出する（ステップS42）。トンネル要求装置11のアドレス変換部102は、前のステップS41で得たIPv6パケットを処理する。即ち、アドレス変換部102は、前のステップS41で得たIPv6パケットの宛先アドレスを該当する行き方向パケットの送信元アドレスの値に、例えば、その宛先アドレスを基にアドレスバッファプールを参照することにより変換する。その後、必要に応じて、宛先アドレスの変換に関係するTCP、UDP、ICMPのヘッダーチェックサムなどを再計算し、その変更を行なう。次いで、そのIPv6パケットをV6パケット送受信部105によりIPv6ネットワークに送出する。

【0031】図10は、自動的なトンネルの再構成処理の処理手順を示している。トンネル再構成処理においては、トンネル要求装置11の運用者により予め指定された条件に合致したタイミングに、それまでのトンネル使用状況データを基にして、トンネル要求装置11は、トンネル情報管理装置12及びトンネル情報管理装置12が管理する複数のトンネル接続装置13とIPv4ネットワーク経由で連動し、最適なトンネル設定に再構成できるようにする。尚、トンネル情報管理装置12とトンネル接続装置13との間はIPv6ネットワーク経由でも良い。この場合、トンネル情報管理装置12及びトンネル接続装置13は、それぞれV4パケット送受信部の代わりにV6パケット送受信部を使用して通信する。以降では、IPv4ネットワーク経由のみの場合について説明する。

【0032】具体的には、図10に示すようにまずトンネル要求装置11の運用者により予め指定された条件に合致したタイミングにトンネル要求装置11がトンネルの再構成処理を開始する（ステップA1）。次いで、トンネル要求装置11はトンネル情報管理装置12に許可されたユーザであることの認証を受け（ステップA2及びステップB1）、それまでのトンネル使用状況データ



を基にして、トンネル再構成要求を作成し、トンネル情報管理装置12に送る（ステップA3）。トンネル情報管理装置12は、管理対象範囲の複数のトンネル接続装置13と連携して、選択可能な経路の測定とその結果を基に設定すべきトンネルを選択し（ステップB2及びステップC1）、接続先トンネルの再構成を行なう（ステップB3及びステップC2）。続いて、トンネル要求装置11にトンネル接続元の再構成に必要な情報であるトンネル再構成要求結果を返信する（ステップB4）。最後にトンネル要求装置11は、受け取ったこのトンネル再構成要求結果を基に接続元トンネルを再構成する（ステップA4）。

【0033】以降で説明する方式では、行き方向のIPv6パケットの送信元アドレスの変換に使用する割当プレフィックスはトンネル情報管理装置12のトンネル接続先情報蓄積部203に予めセットされているものを割り当てて使用するが、この方式とは異なり、割当プレフィックスをトンネル情報管理装置12で管理せずに各トンネル接続装置13が管理し、前述のステップC2の接続先トンネルの再構成のときにトンネル接続装置13が割り当てて、その割当プレフィックスをトンネル接続先再構成完了通知に含めてトンネル情報管理装置12に戻すと言う実施形態も考えられる。

【0034】図10のトンネル要求装置11について参照すると、トンネル要求装置11は、自動的なトンネルの再構成を行う。具体的には、トンネル要求装置11は、トンネル再構成指示を行う（ステップA1）。トンネル要求装置11のトンネル再構成指示部111は、トンネル再構成指示データを管理しており、そこで指定された条件に合致した時点で、初期化处理を行い、次のステップA2の処理に移行する。トンネル再構成指示データは、トンネル要求装置11の運用者が予め別途セットしておく。トンネル再構成指示データは、例えば、再構成開始日時と再構成周期、または、再構成限界累計通信量である再構成タイミングと、トンネル再構成時に、どの期間前（年月日時分）から現在までのトンネル使用状況データを参照するかの指示データであるトンネル使用状況データの参照期間と、再構成時に対象とする宛先IPv6アドレスの範囲の指示データである再構成対象宛先範囲とを含む。この再構成対象宛先範囲は、宛先IPv6アドレス上限個数や累計通信量比率上位採用限界が考えられる。累計通信量比率上位採用限界とは、トンネル使用状況データにおける累計通信量の上位何%（例えば80%）までの宛先を再構成対象の宛先IPv6アドレスとするかの指定である。指定条件合致の判定と初期化处理は次のようにして行う。即ち、例えば、再構成開始日時と再構成周期とが指定されている場合は、再構成実施日時が最も近い過去の再構成開始タイミング、即ち、再構成開始日時と再構成周期とから算出する再構成開始タイミングとシステム時刻保持部112から参照さ

れるシステム時刻との間がない時に、トンネル再構成を開始し、初期化处理として再構成実施日時にシステム時刻をセットする。一方、再構成限界累計通信量が指定されている場合は、累計通信量が再構成限界累計通信量を超えた場合に、トンネル再構成を開始し、累計通信量を0にクリアする。

【0035】次に、トンネル要求装置11は、ユーザ認証情報を送信する（ステップA2）。トンネル要求装置11のユーザ認証情報送信部106は、トンネル情報管理装置12のユーザ認証を受けるため、ユーザ認証情報をトンネル情報管理装置12に送信する。即ち、具体的には、ユーザ認証情報送信部106は、ユーザ認証情報を蓄積及び管理しており、このユーザ認証情報には、ユーザを識別するユーザ識別子（例えば、ユーザID）と資格認証用データ（例えば、パスワード）が含まれている。資格認証用データは暗号化して蓄積してもよい。ユーザ認証情報送信部106は、この蓄積されたユーザ認証情報を取出し、V4パケット送受信部101により、トンネル情報管理装置12に送信する。資格認証用データが暗号化され蓄積されている場合は復号してユーザ認証情報として送信する。

【0036】次に、トンネル要求装置11は、トンネル再構成要求を送信する（ステップA3）。トンネル要求装置11のトンネル再構成要求送信部107は、V4パケット送受信部101によりトンネル情報管理装置12からのトンネル情報管理装置利用許可を受け取ったら、使用中のトンネルがなくなるのを待って、V6ルーティングテーブル109内のIPv4のトンネルインタフェースを持つすべての経路情報及びIPv4トンネルインタフェース情報113のすべてのデータの組を削除する。次いで、トンネル再構成要求を作成し、それをトンネル情報管理装置12にV4パケット送受信部101により送信する。使用中トンネルの有無の確認には、例えば、IPv4トンネルインタフェース情報113の最終使用時刻とシステム時刻保持部112により得た現在時刻との差を基に確認する。トンネル再構成要求は、宛先IPv6アドレスリストと、トンネル要求装置11のIPv4アドレスを含む、ここで、宛先IPv6アドレスリストの作成方法について説明すると、トンネル使用状況蓄積部110に蓄積されているトンネル使用状況データから再構成指示データで指定された参照期間の範囲のデータを対象として、IPv6宛先アドレスの上位nビットが同一のものの毎に通信量（IPv4パケット長またはその累計値）を集計し、IPv6アドレスと通信量との組を作成する。このとき作成する組のIPv6アドレスの下位の $(128-n)$ ビットは、IPv6アドレスの上位nビットが同一なものの中で最も通信量の大きなものを採用するなど適切な値をセットする。次いで、それらの組を通信量をキーとして降べきの順に整列する。IPv6アドレスのリストは、更に、そこからトンネル

再構成指示データの再構成対象宛先範囲の指定に従って抽出して得られる。尚、前述のnの値は、一般的には48、64、96などが考えられる。nの値を固定値とする実施形態の他にトンネル要求装置11の運用者が予め別途指定できる実施形態も考えられる。トンネル要求装置11のIPv4アドレスは、トンネル再構成処理中のトンネル要求装置11のIPv4アドレスである。

【0037】次に、トンネル要求装置11は、接続元トンネルの再構成を行う（ステップA4）。トンネル要求装置11の接続元トンネル再構成部108は、V4パケット送受信部101によりトンネル情報管理装置12からのトンネル再構成要求結果を受け付け、トンネル接続元の再構成を行う。接続元トンネル再構成部108は、トンネル再構成要求結果のIPv6宛先アドレス毎にV6ルーティングテーブル109及びIPv4トンネルインタフェース情報に新たなデータの組をそれぞれ1つ作成し追加する。

【0038】ここで、V6ルーティングテーブル109に追加するデータの組について説明すると、宛先プレフィックスには、トンネル設定要求結果の宛先IPv6アドレスの上位nビットをセットする。宛先プレフィックス長には、トンネル再構成要求結果の宛先IPv6アドレスの上位nビットがすべて値「0」ならば値「0」をセットし、そうでなければ値nをセットする。インタフェース区分には、新たにIPv4のトンネルインタフェース番号を確保してセットする。

【0039】IPv4トンネルインタフェース情報113に追加するデータの組について説明すると、インタフェース区分には、前項のV6ルーティングテーブル109に対する処理のインタフェース区分に使用したIPv4のトンネルインタフェース番号をセットする。割当プレフィックスには、トンネル再構成要求結果の割当プレフィックスをセットする。割当プレフィックス長には、トンネル再構成要求結果の割当プレフィックスをセットする。自トンネルアドレスには、トンネル接続装置11の自分自身のIPv4アドレスをセットする。相手トンネルアドレスには、トンネル再構成要求結果の接続先トンネルアドレスをセットする。

【0040】以上で、自動的なトンネル再構成処理を終了する。図10のトンネル情報管理装置12について参照すると、トンネル情報管理装置12は、トンネル要求装置11からのトンネルの再構成要求に応じて、まず、ユーザ認証処理を行う（ステップB1）。トンネル情報管理装置12のユーザ認証処理部202は、トンネル要求装置11からのユーザ認証情報の認証処理を行う。即ち、ユーザ認証処理部202は、V4パケット送受信部201によりユーザ認証情報を受け付け、そのユーザ認証情報をユーザ認証処理部202が保持するユーザ登録情報を用いて検証する。ユーザ登録情報には、トンネル情報管理装置12の運用者がその使用を許可したユーザ

に対するユーザ識別子（例えば、ユーザID）と資格認証用データ（例えば、パスワード）が含まれている。資格認証用データはハッシュ化（無効化）してもよい。ユーザ認証情報の検証では、受け付けたユーザ認証情報のユーザ識別子に対応するユーザ認証情報がユーザ登録情報中に存在し、それぞれの資格認証用データが一致することを確認する。ユーザ登録情報中の資格認証用データがハッシュ化されている場合は、受け付けたユーザ認証情報の資格認証用データをハッシュ化し、それを用いて検証する。検証結果に問題がなければ、トンネル要求装置11にトンネル情報管理装置利用許可をV4パケット送受信部201により送信し、トンネル情報管理装置12の当該トンネル要求装置11に対する処理状態をすべての処理要求を受け付ける”login”にセットする。この処理状態は、トンネル情報管理装置12がトンネル要求装置11からの処理要求を受けたときに、それを受け付けるか否かの判定に使用される。

【0041】次に、トンネル情報管理装置12は、経路測定及び設定トンネル選択を行う（ステップB2）。トンネル情報管理装置12の経路測定・設定トンネル選択部204は、トンネル要求装置11からのトンネル再構成要求を処理する。即ち、トンネル接続装置13は、経路測定として、トンネル要求装置11からのトンネル再構成要求をV4パケット送受信部201により受け付けたら、経路測定・設定トンネル選択部204は、管理対象である複数のトンネル接続装置13に対して経路測定を依頼するための経路測定要求を作成する。経路測定要求は、トンネル再構成要求から転記されるデータであり、宛先IPv6アドレスリストと、トンネル要求装置11のIPv4アドレスとを含む。尚、宛先IPv6アドレスを予め所定の範囲の宛先とすることで、評価対象先の範囲を限定することとしても良い。評価対象先の範囲を限定することは、測定時のネットワークへの負荷軽減及び設定時の処理効率向上が期待できる。

【0042】次に、経路測定・設定トンネル選択部204は、作成した経路測定要求を自分の管理対象である複数のトンネル接続装置13にV4パケット送受信部201により送信する。送信対象とするトンネル接続装置13は、トンネル接続先情報蓄積部203に蓄積されているすべての種類のトンネル接続装置13である。トンネル接続先情報蓄積部203は、管理対象であるトンネル接続装置13に関して割当できるアドレスプレフィックスのプールであり、アドレスプレフィックスの割当て状態を示す情報でもある。このトンネル接続先情報は、接続先トンネルアドレスと、トンネル接続装置13のIPv4アドレスと、トンネル接続元ネットワークに割り当てるIPv6プレフィックスである割当プレフィックスと、割当プレフィックスの有効な長さ（ビット長）である割当プレフィックス長と、割当先とを含み。この割当先以外のデータは予めセットされている。割当先は、ト

ンネル接続元となるトンネル要求装置 11 に割当プレフィックスを割り当てる時にそのトンネル要求装置 11 の IPv4 アドレスがセットされる。未割当の場合は、例えば値「0」がセットされる。

【0043】次いで、トンネル情報管理装置 12 は、設定トンネルの選択を行う。即ち、経路測定・設定トンネル選択部 204 は、トンネル接続装置 13 からの測定結果通知を V4 パケット送受信部 201 により受け付ける。管理対象のすべてのトンネル接続装置 13 からの測定結果通知がそろった時点で、宛先 IPv6 アドレスリストの IPv6 アドレス毎にそれらの測定結果を基に各経路の評価を行い、新たに設定すべきトンネルを選択する。

【0044】図 11 は、トンネル情報管理装置 12 によるトンネル接続装置 13 の選択の様子を説明している。ここで、トンネル要求装置 11 から宛先ホスト H2 に通信する場合に異なるトンネルを経由する経路 1 と経路 2 の二つの経路があり、この二つに関する測定結果である遅延時間を比較し、最も小さな値のトンネル接続装置 13、例えば、経路 1 に使用するトンネル接続装置 13 を選択している。尚、デフォルトトンネルの選択は、トンネル要求装置 11 とトンネル接続装置 13 との間の測定結果を評価し、最も良いトンネル接続装置 13 を選択する。

【0045】図 10 を再び参照すると、トンネル情報管理装置 12 は、次に、トンネル接続先再構成要求を送信する（ステップ B3）。トンネル情報管理装置 12 のトンネル接続先再構成要求送信部 205 は、トンネル接続先再構成要求をトンネル接続装置 13 に送信する。即ち、トンネル接続先再構成要求送信部 205 は、トンネル接続先情報蓄積部 203 にあるトンネル再構成処理中のトンネル要求装置 11 に関するすべてのアドレスプレフィックスの割当てを解除する。具体的には、トンネル接続先情報蓄積部 203 にある割当先が再構成処理中のトンネル要求装置 11 に一致するすべての組の割当先を未割当てでクリアする。ステップ B2 で選択されたそれぞれのトンネル接続装置 13 に対して、トンネル接続先再構成要求を作成し、それを V4 パケット送受信部 201 により、それぞれのトンネルのトンネル接続装置 13 に送信する。ここで、トンネル接続先再構成要求に含まれるデータについて説明すると、割当プレフィックスは、トンネル接続先情報蓄積部 203 にプールされている当該トンネル接続装置 13 向けの割当プレフィックスをトンネル再構成処理中のトンネル要求装置 11 に対して新たに 1 つ割当て、その割当プレフィックスをセットする。具体的には、トンネル接続先情報蓄積部 203 の中で、接続先トンネルアドレスが当該トンネル接続装置 13 のアドレスと一致し、割当先が未割当となっているデータの組の中から任意の 1 つを選び、その組の割当先にトンネル再構成処理中のトンネル要求装置 11 の IPv

v4 アドレスをセットする。そして、その組の割当プレフィックスをトンネル接続先再構成要求の割当プレフィックスにセットする。割当プレフィックス長は、前述した選択した組の割当プレフィックス長をセットする。接続元トンネルアドレスは、トンネル再構成処理中のトンネル要求装置 11 の IPv4 アドレスをセットする。

【0046】次に、トンネル情報管理装置 12 は、トンネル再構成要求結果を返信する（ステップ B4）。トンネル情報管理装置 12 のトンネル再構成要求結果返信部 206 は、トンネル接続先再構成要求を送信したすべてのトンネル接続装置 13 からのトンネル接続先再構成完了通知を受けて、トンネル要求装置 11 にトンネル再構成要求結果を送信する。トンネル接続先再構成要求を送信したすべてのトンネル接続装置 13 からのトンネル接続先再構成完了通知を V4 パケット送受信部 201 により受け付けると、トンネル接続元のトンネル再構成に必要なデータをトンネル再構成要求結果として作成し、V4 パケット送受信部 201 によりトンネル再構成要求のあったトンネル要求装置 11 に送信する。このトンネル再構成要求結果は、選択されたトンネル接続装置 13 毎のデータから構成される。トンネル接続装置 13 毎に含まれるデータについて説明すると、IPv6 宛先アドレスリストは、ステップ B2 の経路測定要求の宛先 IPv6 アドレスリストから対応するトンネル接続装置 13 を選択した IPv6 宛先アドレスを抽出してセットする。さらに、デフォルトトンネルとして対応するトンネル接続装置 13 を選択した場合は、値「0」もセットする。割当プレフィックスは、ステップ B3 のトンネル接続先再構成要求の割当プレフィックスをセットする。割当プレフィックス長は、ステップ B3 のトンネル接続先再構成要求の割当プレフィックス長をセットする。接続先トンネルアドレスは、対応するトンネル接続装置 13 の IPv4 アドレスをセットする。トンネル情報管理装置 12 の当該トンネル要求装置 11 に対する処理状態をユーザ認証情報のみ受け付ける「log off」にセットする。

【0047】図 10 に示されるトンネル接続装置 13 について参照すると、トンネル接続装置 13 は、トンネル情報管理装置 12 からの経路測定要求に応じて経路測定を行う（ステップ C1）。具体的には、トンネル接続装置 13 の経路測定部 305 がトンネル情報管理装置 12 からの経路測定要求を処理する。即ち、経路測定部 305 は、V4 パケット送受信部 301 によりトンネル情報管理装置 12 からの経路測定要求を受け付けたら経路の品質測定を行う。ここで、測定対象経路は、トンネル再構成処理中のトンネル要求装置 11 と当該トンネル接続装置 13 との間、及び、当該トンネル接続装置 13 と宛先ホストとの間である。経路の測定範囲は、この 2 つを合わせたものである。トンネル要求装置 11 と当該トンネル接続装置 13 の間には宛先 IPv6 アドレスリス

ト（複数）に対して共通であるため、各宛先IPv6アドレス毎ではなくアドレスリストに対して1回の測定でよい。トンネル要求装置11のIPv4アドレス及び宛先ホストのIPv6アドレスは、経路測定要求の値を用いる。即ち、測定メトリクスとしては、測定に使用するメトリクスにはホップ数、遅延時間、帯域などが考えられるが、ここでは通常使用される遅延時間を採用する。測定ツールは、トンネル情報管理装置12と連携して動作する測定ツールを利用する。例えば、ツールとしてカイダ（CAIDA:the Cooperative Association for Internet Data Analysis）が提供するトレースルート（traceroute）やピーチャ（pchar）を使用する。トンネル接続装置13からトンネル要求装置11や宛先ホストH2へ到達できない場合は、測定結果は到達不可として最悪の測定結果を得たこととする。

【0048】IPv4トンネルインタフェース情報308及びV6ルーティングテーブル307に再構成処理中のトンネル要求装置11に対するトンネルに関する情報がある場合はそれらを削除する。次いで、次に測定結果をトンネル情報管理装置12に測定結果通知としてV4パケット送受信部301により送信する。次に、トンネル接続装置13は、接続先トンネルの再構成を行う（ステップC2）。トンネル接続装置13の接続先トンネル再構成部306は、トンネル情報管理装置12からのトンネル接続先再構成要求を処理する。即ち、V4パケット送受信部301によりトンネル情報管理装置12からのトンネル接続先再構成要求を受け付けて、V6ルーティングテーブル307及びIPv4トンネルインタフェース情報に新たなデータの組をそれぞれ1つ追加する。V6ルーティングテーブル307に追加されるデータの組として、宛先プレフィックスには、トンネル接続先再構成要求の割当プレフィックスをセットする。宛先プレフィックス長には、トンネル接続先再構成要求の割当プレフィックス長をセットする。インタフェース区分には、新たにIPv4のトンネルインタフェース番号を確保してセットする。又、IPv4トンネルインタフェース情報に追加されるデータの組として、インタフェース区分には、前述のV6ルーティングテーブル307に対する処理のインタフェース区分にセットしたのと同値のIPv4のトンネルインタフェース番号をセットする。自トンネルアドレスには、トンネル接続先に使用する自分、即ちトンネル接続装置13のIPv4アドレスをセットする。相手トンネルアドレスには、トンネル接続先再構成要求の接続元トンネルアドレスをセットする。

【0049】最後に、トンネル接続装置13は、トンネル接続先再構成完了通知を作成し、トンネル情報管理装置12にV4パケット送受信部301により送信する。第2実施例について説明する。第2実施例は、トンネル要求装置11の運用者が、特定のIPv6宛先ホストへのトンネル選択において、遅延時間ではなく他のメトリ

クス（例えば、帯域幅）を優先してトンネル選択したい場合、トンネル再構成指示データに当該メトリクスを優先メトリクス指定として追加的に指定することにより、要求する経路品質を満たすトンネル設定に再構成できるようにすることができる。

【0050】このための主な変更点について説明する。ステップA1のトンネル再構成指示におけるトンネル再構成指示データにデータを追加する。即ち、優先メトリクス指定として、優先メトリクスに、例えば、帯域を優先メトリクスとして指定する場合に「帯域」をセットする。優先メトリクス対象宛先IPv6アドレスリストに、優先メトリクスの使用対象とする宛先IPv6アドレス（1つ以上）をセットする。宛先プレフィックス長に、優先メトリクス対象宛先への経路情報をV6ルーティングテーブル109にセットする場合の宛先プレフィックス長をセットする。更に、宛先プレフィックス長には、ステップA3で説明したnよりも大きな値をセットする。

【0051】更に、ステップA3のトンネル再構成要求送信において、トンネル再構成要求にデータを追加する。即ち、優先メトリクス指定に、トンネル再構成指示データの優先メトリクス指定を転記する。更に、ステップA4の接続元トンネルの再構成において、優先メトリクス指定に対しても通常の宛先IPv6アドレスと同値の処理を行うが、V6ルーティングテーブル109に追加するデータの組の宛先プレフィックス長については、優先メトリクス指定の宛先プレフィックス長を用いる。

【0052】更に、ステップB2の経路測定及び設定トンネル選択において、経路測定の経路測定要求にデータを追加する。即ち、優先メトリクス指定に、トンネル再構成要求の優先メトリクス指定を転記する。更に、設定トンネルの選択の処理方法を変更する。即ち、優先メトリクス指定の優先メトリクス対象宛先IPv6アドレスリストにある宛先IPv6アドレスに対しては、優先メトリクスで指定されたメトリクスで最良な経路、例えば、帯域の場合、帯域幅の大きい経路を選択するようにする。

【0053】更に、ステップC1における経路測定において、優先メトリクス指定の優先メトリクス対象宛先IPv6アドレスリストにある宛先IPv6アドレスに対する経路測定は、測定ツールに優先メトリクスで指定された品質を測定するツール、例えば、帯域の場合、帯域幅の測定ができるツールを使用する。第3実施例について説明する。

【0054】第1実施例で述べた自動再構成型トンネル接続ネットワーク装置のトンネル設定の再構成において、トンネル要求装置11の運用者がトンネル再構成指示データにおいて、トンネル要求装置11とトンネル接続装置13との間の経路で許容する単位時間当たり通信量を許容平均通信速度として追加的に指定することによ

り、許容平均通信速度の指定を満たすトンネル設定に再構成できるようにすることができる。

【0055】このための主な変更点について説明する。ステップA1のトンネル再構成指示において、トンネル再構成指示データにデータを追加する。即ち、接続先トンネルとその許容平均通信速度に、許容する平均通信速度を制限するための指示データを接続先トンネル毎に指定する。即ち、接続先トンネルに許容する平均通信速度を制限するトンネル接続装置13のIPv4アドレスをセットする。接続先トンネルの許容通信量に、該当する接続先トンネルに対する許容平均通信速度をセットする。

【0056】又、ステップA3のトンネル再構成要求送信において、トンネル再構成要求にデータを追加する。即ち、接続先トンネルとその許容平均通信速度に、トンネル再構成指示データの接続先トンネルとその許容平均通信速度を転記する。宛先IPv6アドレスの平均通信速度実績リストに、トンネル再構成要求の宛先IPv6アドレスリストに対応する平均通信速度実績を、トンネル使用状況蓄積部110に蓄積されているトンネル使用状況データとその参照期間から集計してセットする。

【0057】更に、ステップB2における経路測定及び設定トンネル選択において次のように変更する。即ち、設定トンネルの選択の各宛先IPv6アドレスに対する経路選択において、トンネル再構成要求で指定された接続先トンネルに対しては、測定結果による経路の良否に優先して、許容平均通信速度に平均通信速度実績の和が収まることを優先してトンネル接続装置11を選択することとする。

【0058】本実施例によれば、トンネル再構成指示データの再構成タイミングの指定により、トンネル再構成を一定期間毎に実施したり、一定累計通信量に達したタイミング毎に実施することができる。また、トンネル再構成指示データの再構成対象宛先範囲の指定により、再構成対象の宛先IPv6アドレスの個数を通信量実績の多い上位何個かとし、その他はデフォルトのトンネルを使用するという形態に制限することもできる。従って、トンネリングの運用状況、利用者のニーズなどの使用環境を考慮して、トンネル要求装置11の運用者がこのトンネル再構成指示データに適切な指定をしておくことにより、最適なトンネル設定に再構成することができる。ここで、最適なトンネル設定とは、通常のトンネリング処理時に処理効率がよく、利用者の要求を満足し、例えば、遅延時間の少なく且つトンネル再構成時には処理効率のよいことを意味する。

【0059】又、本実施例によれば、IPv6ネットワークがIPv4ネットワーク中に孤立して存在する環境におけるIPv6ネットワーク内にあるIPv6送信元ホストから現存するIPv6インターネット内のIPv6宛先ホストへのトンネリングによる通信に関して、既

にトンネルが設定及び使用されているときに、本発明により提案した方式により、トンネル要求装置11の運用者により予め指定された条件に合致したタイミング、例えば、一定期間毎、一定累積通信量毎に、それまでのトンネル使用状況データを基にして、トンネル要求装置11は、トンネル情報管理装置12及びトンネル情報管理装置12が管理する複数のトンネル接続装置13とIPv4ネットワーク経由で連動し、最適なトンネル設定に再構成できる。また、このとき、トンネル要求装置11の運用者の指定により、一般的な遅延時間を優先したトンネル設定による再構成に加えて、帯域幅を優先したトンネル設定に再構成すること、または、トンネル要求装置11とトンネル接続装置13との間における平均通信速度を指定した値以下のトンネル設定になるよう再構成することができる。

【0060】これにより、月日と共に変化するネットワークの接続形態、通信品質、及び通信量や通信先などのトンネリングの運用状況ならびに利用者のニーズに応じた最適なトンネル設定を維持することができ、全体として効率がよく、トンネル要求装置11の運用者にとって運用負荷の少ないトンネリングによる通信が可能となる。

【0061】尚、本実施例におけるトンネル情報管理装置とトンネル接続装置との間はIPv6インターネット経由でも良い。又、本実施例は、インターネットのプロトコルがIPv4からIPv6に移行する際の環境を前提として説明されたが、本発明のパケット通信方法は、かかる特定のバージョンに限定されない。又、ネットワークプロトコルはIP限定されず、多様なプロトコルに対しても本発明は適用可能である。

#### 【0062】

【発明の効果】本発明によるパケット通信方法により、日々変化するネットワーク資源環境及び利用要求の変化に即応して、運用者の省力化を図りつつ利用者に最適に再構成されたトンネル経路を介したパケット通信を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例であり、パケット通信方法を実行する3つの装置の各々の内部構成を示しているブロック図である。

【図2】図1に示される各装置が協働して実行する通常のトンネル経路を介したパケット通信の方法を示している概念図である。

【図3】通常のトンネリング処理手順を示しているフローチャートである。

【図4】V6ルーティングテーブル109の構成例を示している図である。

【図5】IPv4トンネルインタフェース情報113の例を示している図である。

【図6】IPv6パケットのIPv4パケットへのカプ

セル処理を説明する概念図である。

【図7】IPv4トンネルインタフェース情報308の例を示している図である。

【図8】IPv6パケットのIPv4パケットからのカプセル開放処理を説明する概念図である。

【図9】V6ルーティングテーブル307の構成例を示している図である。

【図10】新しいトンネルの追加設定処理の処理手順を示しているフローチャートである。

【図11】トンネル接続装置13の選択の例を説明する概念図である。

【符号の簡単な説明】

11 トンネル要求装置

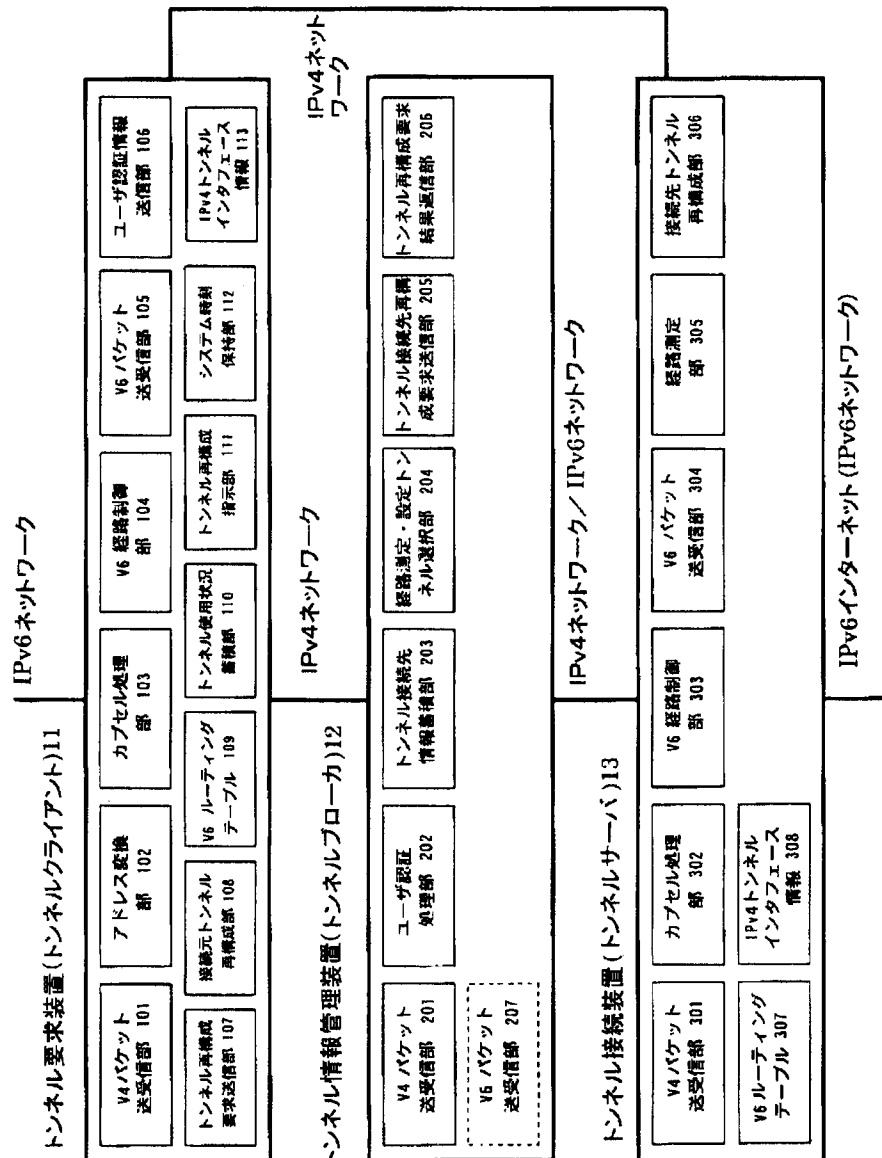
12 トンネル情報管理装置

13 トンネル接続装置

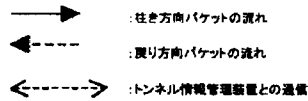
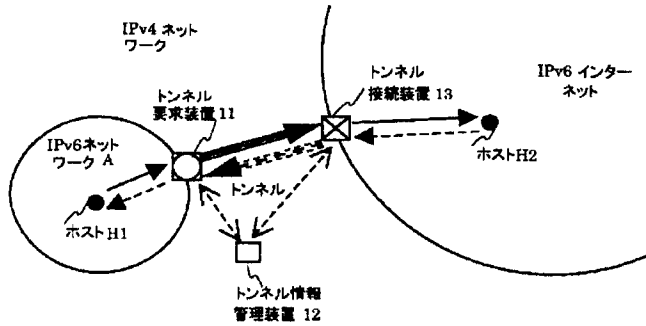
109, 307 V6ルーティングテーブル

113, 308 IPv4トンネルインタフェース情報

【図1】



【図 2】



【図 3】

【図 4】

V6ルーティングテーブル109の構成例

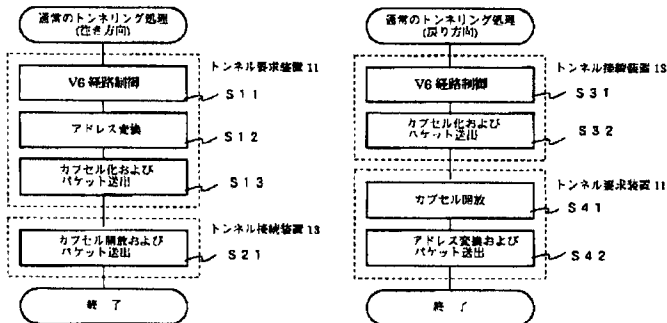
宛先プレフィックス	宛先プレフィックス長	...	インタフェース区分
PD1	LPD1		IPv4-IF1
PD2	LPD2		IPv4-IF2
PD3	LPD3		IPv4-IF3
...	...		...

【図 5】

IPv4トンネルインタフェース情報113の構成例

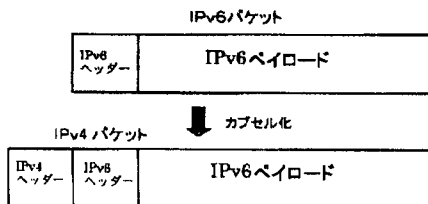
インタフェース区分	送信プレフィックス	送信プレフィックス長	自トンネルアドレス	相手トンネルアドレス	最終使用時刻
IPv4-IF1	SPS1	LSPS1	TC1	TS1	time1
IPv4-IF2	SPS2	LSPS2	TC1	TS2	time2
IPv4-IF3	SPS3	LSPS3	TC1	TS3	time3
...	...	...	...	...	...

【図 8】



【図 6】

【図 7】



【図 9】

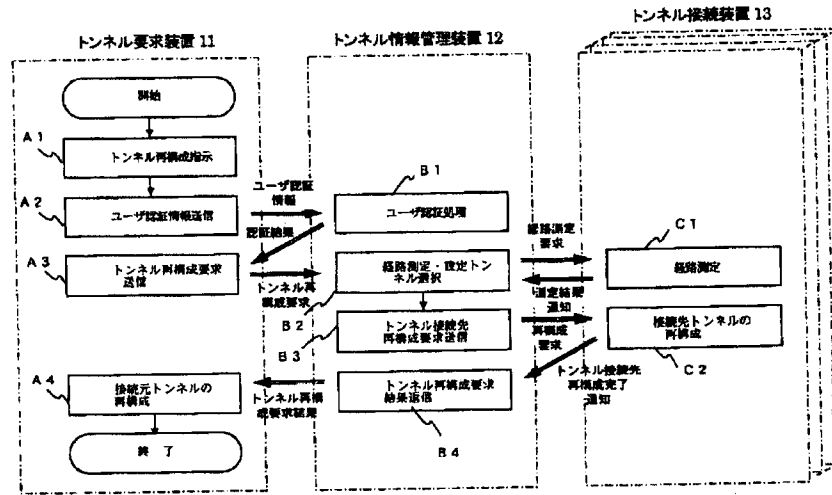
IPv4トンネルインタフェース情報308の例

インタフェース区分	自トンネルアドレス	相手トンネルアドレス
IPv4-IF1	TS2	TC1
IPv4-IF2	TS2	TC1
IPv4-IF3	TS2	TC2
...	...	...

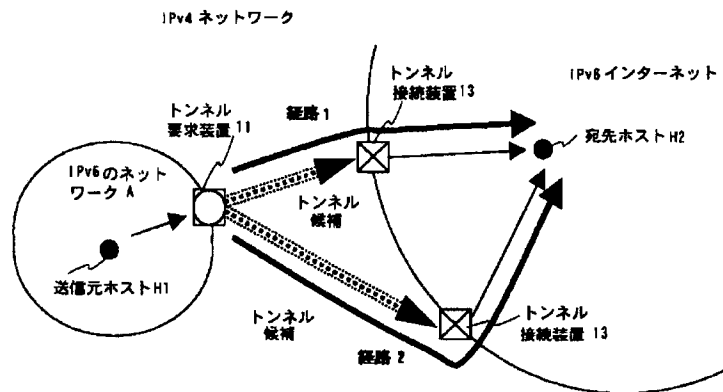
V6ルーティングテーブル307の構成例

宛先プレフィックス	宛先プレフィックス長	...	インタフェース区分
PD1	LPD1		IPv4-IF1
PD2	LPD2		IPv4-IF2
PD3	LPD3		IPv4-IF3
...	...		...

【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 秀樹  
東京都港区虎ノ門 1-7-12 沖電気工業  
株式会社内

(72)発明者 中川 聡  
東京都港区虎ノ門 1-7-12 沖電気工業  
株式会社内

F ターム (参考) 5K030 GA11 HA08 HB28 HC01 HD09  
LA08 LB05 LB08 MB04 MB06  
MB09